

SPARK PLUG FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND ITS MANUFACTURE

Publication number: JP11003765

Publication date: 1999-01-06

Inventor: GOTO TSUNETOSHI; ABE NOBUO

Applicant: DENSO CORP

Classification:

- International: *H01T13/20; H01T13/39; H01T13/20; H01T13/39*; (IPC1-7): H01T13/39; H01T13/20

- European:

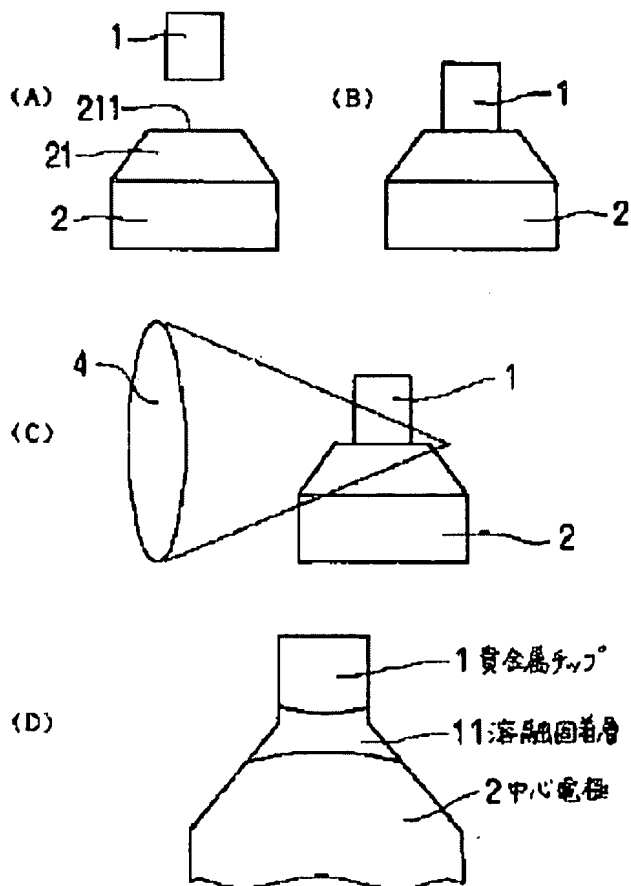
Application number: JP19980124270 19980416

Priority number(s): JP19980124270 19980416; JP19970115310 19970416

Report a data error here

Abstract of JP11003765

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a long-life spark plug for an internal combustion engine with a large thermal stress relaxing effect of a melted and fixed layer and superior adhesive strength between an Ir alloy chip and an electrode base material and its manufacturing method. **SOLUTION:** In a spark plug for an internal combustion engine, a precious metal chip 1 is bonded to the front end of at least one of a center electrode 2 and a ground electrode with laser welding. The precious metal tip 1 is made of iridium material containing at least Ir with a melting point of not less than 2200 deg.C. A melted and fixed layer 11, which is provided between the precious metal tip 1 and the electrode base material of the center electrode 2, contains not less than 1 wt.% precious metal with a melting point of 1500-2100 deg.C and a linear expansion coefficient of $8-11 \times 10^{-6} / \text{deg.C}$.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-3765

(43)公開日 平成11年(1999) 1月6日

(51)Int.Cl.⁸

H 0 1 T 13/39
13/20

識別記号

F I

H 0 1 T 13/39
13/20

B
E

審査請求 有 請求項の数11 F D (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平10-124270

(22)出願日 平成10年(1998) 4月16日

(31)優先権主張番号 特願平9-115310

(32)優先日 平 9 (1997) 4月16日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地

(72)発明者 後藤 常利

愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
社デンソー内

(72)発明者 阿部 信男

愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
社デンソー内

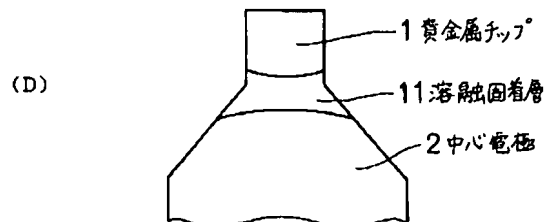
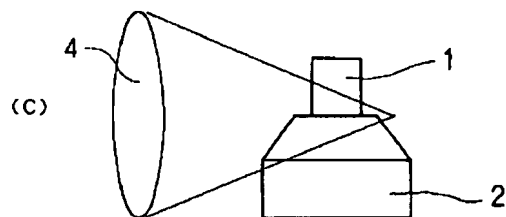
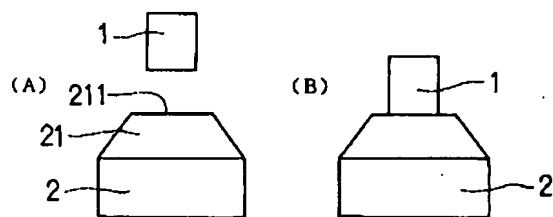
(74)代理人 弁理士 高橋 祥泰

(54)【発明の名称】 内燃機関用スパークプラグ及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 熔融固着層の熱応力緩和効果が大きく、I r 合金チップと電極母材の接合強度に優れた長寿命の内燃機関用スパークプラグ及びその製造方法を提供すること。

【解決手段】 中心電極 2 と接地電極の少なくとも一方の先端部に、貴金属チップ 1 をレーザ溶接により接合してなる内燃機関用スパークプラグにおいて、上記貴金属チップ 1 は、少なくとも I r を含有する融点が 2 2 0 0 °C 以上のイリジウム材よりなり、また上記貴金属チップ 1 と上記中心電極 2 の電極母材との間には熔融固着層 1 1 を有しており、該熔融固着層 1 1 中には、融点が 1 5 0 0 ~ 2 1 0 0 °C、線膨張係数が $8 \sim 11 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ の貴金属が 1 重量%以上含有されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 貫通孔を有する絶縁碍子と、少なくとも上記貫通孔の一端に配設した中心電極と、上記絶縁碍子を保持するハウジングと、上記ハウジングに設けられ上記中心電極と対向配設し、中心電極と共に火花ギャップを形成する接地電極とを有し、かつ上記中心電極と接地電極とが対向する少なくとも一方の面には、貴金属チップをレーザ溶接により接合してなる内燃機関用スパークプラグにおいて、上記貴金属チップは、上記中心電極又は接地電極の電極母材の少なくとも一部に対して熔融固着層を介して設けられていると共に、少なくとも Ir を含有する融点が $2200^{\circ}C$ 以上のイリジウム材よりなり、また、上記熔融固着層中には、融点が $1500 \sim 2100^{\circ}C$ 、線膨張係数が $8 \sim 11 \times 10^{-6} / ^{\circ}C$ の貴金属が 1 重量%以上含有されていることを特徴とする内燃機関用スパークプラグ。

【請求項 2】 請求項 1 において、上記熔融固着層中の貴金属は、 Pt 、 Pd 又は Rh の 1 種以上であることを特徴とする内燃機関用スパークプラグ。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 において、上記熔融固着層中に上記貴金属が 1 重量%以上含有されている貴金属含有層は、上記貴金属チップの半径の半分の位置における軸方向の厚みが $0.2mm$ 以上であることを特徴とする内燃機関用スパークプラグ。

【請求項 4】 請求項 1 において、上記貴金属チップは、上記中心電極に対して溶接されていることを特徴とする内燃機関用スパークプラグ。

【請求項 5】 請求項 4 において、上記熔融固着層中の貴金属は、貴金属チップ中の貴金属が熔融されたものであることを特徴とする内燃機関用スパークプラグ。

【請求項 6】 請求項 4 において、貴金属は、レーザによって接合される中心電極と貴金属チップとの間に設けられるとともに、熔融固着層中の貴金属は、中心電極と貴金属チップとの間に設けられた貴金属から熔融される貴金属であることを特徴とする内燃機関用スパークプラグ。

【請求項 7】 請求項 4 において、上記貴金属チップは、上記中心電極に対して上記熔融固着層のみを介して設けられていることを特徴とする内燃機関用スパークプラグ。

【請求項 8】 貫通孔を有する絶縁碍子と、少なくとも上記貫通孔の一端に配設したニッケルを主成分とする中心電極と、上記絶縁碍子を保持するハウジングと、上記ハウジングに設けられ上記中心電極と対向配設し、中心電極と共に火花ギャップを形成する接地電極とを有し、かつ上記中心電極の上記接地電極に対向する面には、貴金属チップを接合してなる内燃機関用スパークプラグの製造方法において、上記中心電極の先端に径小部が形成されるとともに、かつ上記径小部の先端に、略同一な径を有する円筒部を形成するとともに、上記中心電極の上

記円筒部の径よりも小なる径を有する少なくとも Ir を含有する融点が $2200^{\circ}C$ 以上のイリジウム材よりなる貴金属チップを上記中心電極の上記円筒部先端面に当接させ、上記貴金属チップと上記中心電極の上記円筒部とにレーザ光を照射させることにより、上記貴金属チップと上記中心電極の上記円筒部とを熔融固着させることを特徴とする内燃機関用スパークプラグの製造方法。

【請求項 9】 請求項 8 において、上記貴金属チップを上記中心電極の上記円筒部先端面に当接させた後、上記貴金属チップと上記中心電極の上記円筒部先端面とを抵抗溶接した後に、レーザ光の照射により、上記貴金属チップと上記中心電極の上記円筒部とを熔融固着させることを特徴とする内燃機関用スパークプラグの製造方法。

【請求項 10】 請求項 8 において、上記貴金属チップと上記中心電極の上記円筒部との当接境界領域にレーザ光を照射させることにより、上記貴金属チップと上記中心電極の上記円筒部とを熔融固着させることを特徴とする内燃機関用スパークプラグの製造方法。

【請求項 11】 請求項 10 において、上記当接境界領域は、上記貴金属チップと上記中心電極の上記円筒部との当接境界面を中心として、上記中心電極の軸方向に $\pm 0.3mm$ の領域であることを特徴とする内燃機関用スパークプラグの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】 本発明は、中心電極、接地電極のいずれか一方の先端部に、貴金属チップを設けた内燃機関用スパークプラグ及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来技術】 内燃機関用スパークプラグ（以下、単にスパークプラグという）は、中心電極、接地電極の放電部材として Pt 合金を用いることにより長寿命化、高性能化が図られている。そして、近年、排気浄化、希薄燃焼の観点より、中心電極、接地電極を細径、伸長化し、飛び火性、着火性を向上させることが行なわれている。

【0003】 しかしながら、 Pt 合金電極は、上記細径、伸長化に伴って、使用中における電極消耗により、火花隙間の拡大化、飛び火不良を生じるおそれがある。そこで、中心電極、接地電極の少なくとも一方の面に、貴金属チップを接合することが検討されている。そして、この接合方法としては、まず抵抗溶接法がある。しかし、抵抗溶接法によるときは、貴金属チップと中心電極、接地電極との接合部に熱膨張差に起因する熱応力が発生し、接合部に損傷を生ずるおそれがある。

【0004】 そこで、上記接合法としてレーザ溶接法を用いることが検討されている。このレーザ溶接によるときは、レーザ光による高密度エネルギーを、中心電極又は接地電極の電極母材と貴金属チップとの接合部に集中させる。そのため、上記電極母材の主成分である Ni と、 Ir 合金とが溶け合い、両者の中間の線膨張係数を

有する溶融固着層を形成でき、熱応力を緩和させることができる。

【0005】

【解決しようとする課題】しかしながら、発明者らは、上記溶融固着層中におけるIrとNiとの比率は、レーザ溶接時のレーザエネルギーの大小によって大きく異なり、これがスパークプラグの寿命に大きな影響を与えることを見出した。

【0006】即ち、発明者らの研究によれば、レーザエネルギーが小さい場合には、接合時の溶融温度が低いため、Niのみが溶融し、Irの溶け込みが少なく、熱応力緩和効果が発揮されない。これは、Niの融点が約1450℃であるのに対してIrの融点は約2450℃と極めて高く、両者の温度差が大きいこと、更にNiの沸点は約2700℃でIrの融点に近いことによると考えられる。一方、レーザエネルギーが過大の場合には、溶融部が高温になり過ぎて、Niの蒸発が生じ、溶融固着層に表面部のエグレが発生したり、内部に巣が発生する(図20参照)。

【0007】本発明はかかる問題点に鑑み、溶融固着層の熱応力緩和効果が大きく、貴金属チップと電極母材との接合強度に優れた長寿命の内燃機関用スパークプラグ及びその製造方法を提供しようとするものである。

【0008】

【課題の解決手段】請求項1に記載の発明は、貫通孔を有する絶縁碍子と、少なくとも上記貫通孔の一端に配設した中心電極と、上記絶縁碍子を保持するハウジングと、上記ハウジングに設けられ上記中心電極と対向配設し、中心電極と共に火花ギャップを形成する接地電極とを有し、かつ上記中心電極と接地電極とが対向する少なくとも一方の面には、貴金属チップをレーザ溶接により接合してなる内燃機関用スパークプラグにおいて、上記貴金属チップは、上記中心電極又は接地電極の電極母材の少なくとも一部に対して溶融固着層を介して設けられていると共に、少なくともIrを含有する融点が2200℃以上のイリジウム材よりなり、また、上記溶融固着層中には、融点が1500～2100℃、線膨張係数が $8 \sim 11 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ の貴金属が1重量%以上含有されていることを特徴とする内燃機関用スパークプラグである。

【0009】本発明において最も注目すべきことは、貴金属チップが少なくともIr(イリジウム)を含有する2200℃以上の融点を有する上記イリジウム材であること、上記貴金属チップと電極母材との間には溶融固着層を有し、該溶融固着層中には上記融点及び線膨張係数を有する貴金属が1重量%以上含有されていることである。

【0010】そして、上記貴金属チップの融点は2200℃以上であることが必要である。2200℃未満では火花ギャップ増加による飛火電圧上昇の問題がある。な

お、貴金属チップの融点の上限は、Niの沸点2700℃に対して約100℃の余裕度をもたせるために2600℃以下とすることが好ましい。また、上記イリジウム材としては、Ir、IrとPt(白金)、Pd(パラジウム)、Rh(ロジウム)、Au(金)、Ni(ニッケル)、Ru(ルテニウム)の1種以上の合金、IrとY₂O₃(イットリア)、ZrO₂(ジルコニア)の1種以上との合金などがある。

【0011】次に、上記溶融固着層は、貴金属チップと中心電極又は接地電極の電極母材との間に形成されている。溶融固着層は、レーザ溶接によって貴金属チップと電極母材との間が溶融し、次いで固化することによって形成された接合層である。それ故、溶融固着層はIr合金と電極母材との合金層を形成している。なお、上記溶融固着層は貴金属チップと電極母材との間に全て設ける必要はなく、両者の間に未溶融部が残存していてもよい(図11、図12参照)。

【0012】上記溶融固着層中には融点が1500～2100℃で線膨張係数が $8 \sim 11 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ の貴金属が1重量%含有されている。上記融点が1500℃未満の場合には、Niの融点と近くなりレーザエネルギー過大時に溶融層表面にエグレ発生等の問題があり、一方2100℃を越えるとNiの融点との温度差が大であり、レーザエネルギー過小の場合Niのみが溶け熱応力緩和作用を発揮しないという問題がある。また、上記線膨張係数が $8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 未満の場合には、貴金属チップと同等レベルの線膨張であり、また、 $11 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ を越えると電極母材と同等レベルになり熱応力緩和作用が減少する問題がある。

【0013】また、上記溶融固着層中における貴金属が1重量%未満の場合には、後述するが冷熱繰返しで使用する環境下で強度が低下する問題がある。なお、貴金属の上限は、加工性ならびにコスト面より10重量%とすることが好ましい。

【0014】次に、請求項8に記載の発明は、貫通孔を有する絶縁碍子と、少なくとも上記貫通孔の一端に配設したニッケルを主成分とする中心電極と、上記絶縁碍子を保持するハウジングと、上記ハウジングに設けられ上記中心電極と対向配設し、中心電極と共に火花ギャップを形成する接地電極とを有し、かつ上記中心電極の上記接地電極に対向する面には、貴金属チップを接合してなる内燃機関用スパークプラグの製造方法において、上記中心電極の先端に径小部が形成されるとともに、かつ上記径小部の先端に、略同一な径を有する円筒部を形成するとともに、上記中心電極の上記円筒部の径よりも小なる径を有する少なくともIrを含有する融点が2200℃以上のイリジウム材よりなる貴金属チップを上記中心電極の上記円筒部先端面に当接させ、上記貴金属チップと上記中心電極の上記円筒部とにレーザ光を照射させることにより、上記貴金属チップと上記中心電極の上記円

筒部とを溶融固着させることを特徴とする内燃機関用スパークプラグの製造方法である。

【0015】次に、本発明の作用効果につき説明する。本発明のスパークプラグにおいては、上記溶融固着層が上記条件下にあるため、電極母材と貴金属チップとの接合部にレーザを照射すると例えば電極母材の主成分であるNi（ニッケル）は上記貴金属と「Ni+貴金属」合金を形成し、このものは更にIrとの間に「Ni+貴金属+Ir」合金を段階的に形成していく。

【0016】このとき、レーザエネルギーが小さい場合には、貴金属の存在によって融点が $I_r > I_r + \text{貴金属}$ となり、「 $I_r + \text{貴金属}$ 」の溶け込みが増加する。つまり、これらの貴金属はIrに対して全率固溶する性質を有している。一方、レーザエネルギーが大きい場合には、貴金属の存在により融点が $Ni + \text{貴金属} > Ni$ となる。そのため、Niの蒸発が抑制され、溶融固着層におけるエグレ、内部巣の発生が防止される。

【0017】したがって、レーザ溶接時におけるレーザエネルギーの大小による、溶融固着層への悪影響がない。また、そのため溶融固着層における熱応力を緩和することができ、その接合力が向上する。したがって、長寿命のスパークプラグが得られる。

【0018】このように、本発明によれば、貴金属チップと電極母材の接合強度に優れ、溶融固着層の熱応力緩和効果が大きく、長寿命の内燃機関用スパークプラグ及びその製造方法を提供することができる。

【0019】次に請求項2に記載の発明のように、上記溶融固着層中の貴金属は、Pt、Pd又はRhの1種以上であり、一方上記中心電極の電極母材はFe、Crを含有するNi基合金であることが好ましい。これにより、電極母材表面の酸化を抑制するという効果を得ることができる。

【0020】次に、請求項3に記載の発明のように、上記溶融固着層中に上記貴金属が1重量%以上含有されている貴金属含有層は、上記貴金属チップの半径の半分的位置における軸方向の厚みが0.2mm以上であることが好ましい。これにより、本発明の効果を確実に発揮させることができる。これらのことは、図11、図12に示すごとく、貴金属チップと中心電極との間に未溶融部を有する場合についても同様である。

【0021】次に、請求項4に記載の発明のように、上記貴金属チップは、上記中心電極に対して溶接されていることが好ましい。これにより、接地電極よりも放電による消耗が激しい中心電極にIrを含有する貴金属チップを採用したので、長寿命の内燃機関用スパークプラグを得ることができる。

【0022】次に、請求項5に記載の発明のように、上記溶融固着層中の貴金属は、貴金属チップ中の貴金属が溶融されたものであることが好ましい。これにより、容易に本発明の効果を達成させることができる。

【0023】次に、請求項6に記載の発明のように、貴金属は、レーザによって接合される中心電極と貴金属チップとの間に設けられるとともに、溶融固着層中の貴金属は、中心電極と貴金属チップとの間に設けられた貴金属から溶融される貴金属であることが好ましい。これにより、溶融固着層中に、融点が $1500 \sim 2100^\circ\text{C}$ であり、所定の線膨張係数を有する貴金属を1重量%以上確実に含有させることができる。

【0024】次に、請求項7に記載の発明のように、上記貴金属チップは、上記中心電極に対して上記溶融固着層のみを介して設けられていることが好ましい。これにより、中心電極に対して貴金属チップを確実に溶接固定させることができる。

【0025】次に、請求項8に記載される内燃機関用スパークプラグの製造方法においては、中心電極先端に略同一な径を有する円筒部を形成し、この円筒部の端面に貴金属チップを当接させたのち、レーザ光を照射させることにより、貴金属チップと中心電極とを溶接するようにした。このため、特に、中心電極先端には、貴金属チップの径よりも大なる略同一な径を有する円筒部に貴金属チップを当接した後に、当接しているため、レーザ光の照射が貴金属チップと中心電極の端面との当接境界面より多少ずれたとしても、貴金属チップと中心電極とからなる溶融固着層の組成が大きく変化することがない。このため、溶融固着層の組成を安定化させることができ、貴金属チップと中心電極との接合力の高い溶融固着層を得ることができる。

【0026】また、請求項9に記載の発明のように、上記貴金属チップを上記中心電極の上記円筒部先端面に当接させた後、上記貴金属チップと上記中心電極の上記円筒部先端面とを抵抗溶接した後に、レーザ光を照射させ、上記貴金属チップと上記中心電極の上記円筒部とを溶融固着させることが好ましい。これにより、貴金属チップと中心電極とが抵抗溶接にて仮止めされた状態となっているため、レーザ照射により、貴金属チップと中心電極との相対位置のずれが生じにくく、当接境界領域にレーザを確実に照射させることができる。

【0027】また、請求項10の発明のように、上記貴金属チップと上記中心電極の上記円筒部との当接境界領域にレーザ光を照射させることにより、上記貴金属チップと上記中心電極の上記円筒部とを溶融固着させることが好ましい。このように、当接境界領域にレーザ光を照射させることにより、溶融固着層を中心電極と中心電極の円筒部端面との境界面に確実に形成することができ、貴金属チップと中心電極との接合力を向上させることができる。

【0028】また、請求項11の発明のように、上記当接境界領域は、上記貴金属チップと上記中心電極の上記円筒部との当接境界面を中心として、上記中心電極の軸方向に $\pm 0.3\text{mm}$ 領域であることが好ましい。もし、

レーザの照射位置が貴金属チップと中心電極の円筒部との当接境界面を中心として、中心電極の軸方向に±0.3mmよりも大きく偏ってしまうと、例えば、中心電極に円筒部が形成されているとしても、得られる溶融固着層自体も貴金属チップ側もしくは中心電極側に大きく偏ってしまう。そのため、貴金属チップと中心電極との境界面において、溶融固着層が形成されない箇所が生じてしまうおそれがある。その結果、貴金属チップと中心電極との十分な接合力を得ることができないおそれがある。

【0029】なお、上記溶融固着層中に上記貴金属を添加する方法としては、上記貴金属を予め上記貴金属チップ中に添加しておき、貴金属チップと電極母材とをレーザ溶接する方法（実施形態例1）、貴金属チップ又は電極母材の表面に予め貴金属板を接合しておき、これらにレーザを照射して溶接する方法（実施形態例2）がある。或いは貴金属チップと電極母材との間に貴金属板を挟持して、これらにレーザを照射して溶接する方法などがある。

【0030】

【発明の実施の形態】

実施形態例1

本発明の実施形態例にかかる内燃機関用スパークプラグ及びその製造方法につき図1～図7を用いて説明する。まず、本例において得ようとするスパークプラグ9は、図2、図3に示すごとく、貫通孔920を有する絶縁端子92と、上記貫通孔920の一端に配設した中心電極2と、上記絶縁端子92を保持するハウジング91と、上記ハウジング91に設けられ上記中心電極2と対向配設した接地電極3と、上記中心電極2と接地電極3との間に設けた火花ギャップ27とを有する。

【0031】そして、上記中心電極2の先端面には、貴金属チップ1をレーザ溶接により接合してなる。上記貴金属チップ1は、少なくともIrを含有する融点が2200℃以上のイリジウム材よりなり、また上記貴金属チップ1と上記中心電極の電極母材との間には溶融固着層11を有している。また、該溶融固着層11中には、融点が1500～2100℃、線膨張係数が $8\sim 11\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ の貴金属が1重量%以上含有されている。なお、図2において符号93は、高圧コード接続用の端子部である。また、本例においては、貴金属チップ1は、中心電極2に接合する例を示すが、このことは、貴金属チップ1を接地電極3に接合する場合も同様である。

【0032】次に、上記貴金属チップ1を中心電極2にレーザ溶接する場合につき図1を用いて説明する。まず、本例においては、貴金属チップ1として、Irに予めRhを添加したIr-Rh合金を用いている。そして、図1に示すごとく、中心電極2の先端部21の先端面211に貴金属チップ1を載置して抵抗溶接により仮接着しておき（図1A、B）、次いで貴金属チップ1と中心電極2の先端部21との間にレーザ光4を照射した

（図1C）。このとき、上記中心電極2を回転させながら、上記ごとくレーザ光4を照射した。

【0033】これにより、貴金属チップ1と中心電極2の先端部21との間がレーザエネルギーによって溶融される。レーザ光4の照射を終了し、放冷することにより、貴金属チップと中心電極2との間に溶融固着層11が形成される（図1D）。

【0034】本例においては、上記貴金属チップ1は厚み1.0mm、直径0.7mmのIr-Rh合金を用いた。また、レーザ光はYAGレーザを用いた。また、中心電極2は、Cr15.5重量%、Fe8.0重量%を含有するNi合金を用いた。また、上記貴金属チップは、Rh含量を種々に変えたものを用い、またレーザエネルギーは5、7.5、10J（ジュール）の3種類を用いた。

【0035】このようにして、中心電極2の先端部に貴金属チップ1をレーザ溶接したスパークプラグ9について、耐久テストを行なった。この耐久テストは、上記スパークプラグ9を6気筒、2000CCの内燃機関に装着し、運転条件としてアイドリング1分間保持後スロットル全開で6000rpm、1分間保持という条件を100時間繰り返した。

【0036】耐久テストの結果を、図4に、横軸にレーザエネルギー（J）を縦軸に溶融固着層の接合強度（N；ニュートン）を採って示す。上記接合強度（N）は、溶融固着層における曲げ強度を示している。この値が大きい程、貴金属チップと電極母材の接合性が高く、熱応力緩和効果が大きく、長寿命のスパークプラグである。同図より、貴金属チップ1としてRhを含有するIr合金を用いた場合には、レーザエネルギー強度の大小に影響されことなく、優れた接合強度を得ることができることが分かる。

【0037】次に、上記貴金属チップ1中におけるRh含有量を種々に変え、レーザエネルギー5Jでレーザ溶接を行った。その他の条件は上記と同様である。耐久テストの結果を図5に、貴金属チップ中のRh含有量と溶融固着層の接合強度（N）を採って示す。同図より知られるごとく、貴金属チップ中のRhが増加すると共に接合強度が向上し、Rh含有量が2%以上では100N以上の強度が得られることが分かる。なお、貴金属チップ中におけるRh含有量が2%の場合には、溶融固着層中における「Rh含有量が1重量%以上のRh含有量」の軸方向の厚みTは、約0.2mmであった。

【0038】次に、上記3種類のレーザ溶接における上記溶融固着層の断面形状は、大略図6～図8に示す状態となった。即ち、図6に示すレーザエネルギー5Jの場合には貴金属チップ1と中心電極2との間の溶融固着層11は、比較的小さく、Irの溶け込み量は、後述する比較例（貴金属チップがIr100%）の場合に比較して多かった。

【0039】また、図7に示すレーザエネルギー7.5Jの場合は、溶融固着層11は比較的大きく、Ir、Niとも良好な溶け込み状態であった。また、図8に示すレーザエネルギー10Jの場合には、溶融固着層11はかなり大きく、側面のエグレ111が認められるが、内部には巣は全く認められなかった。

【0040】実施形態例2

本例は、図9、図10に示すごとく、貴金属チップ10と中心電極2との間に貴金属としてのRhチップを介在させ、レーザ溶接を行なった例を示す。即ち、本例においては、溶融固着層中にRhを添加する方法として、図9(A)に示すごとく、まず中心電極2の先端部21の先端面211にRh板15を、抵抗溶接により仮接合し、次いで同図(B)に示すごとく、その上にIr100%の貴金属チップ10を載置し、抵抗溶接により仮接合した。

【0041】次いで、実施形態例1と同様にして、7.5Jのレーザを照射し、同図(C)に示すごとく、貴金属チップ10と中心電極2とを溶融固着層150によりレーザ溶接した。この溶融固着層150は、中心電極2中のNiと貴金属チップ10のIrと上記Rhとよりなる合金である。そして、上記Rh板の厚みを種々に変えて、上記溶融固着層中のRh含有量を変化させたスパークプラグを作製した。

【0042】次いで、実施形態例1と同様に耐久テストを行なった。その結果を、図10に、溶融固着層中のRh量と接合強度との関係を示す。同図より、溶融固着層中のRh量1%以上の場合には優れた接合強度を有することが分かる。なお、上記実施形態例1、2については、Rhの他にPt、Pdについても同様のテストを行なった。その結果、上記と同様の結果が得られた。

【0043】なお、上記実施形態例においては、貴金属チップの直径は0.7mmとしたが、これに限らず0.4~1.5mmとした場合にも同様の効果を得ることができる。

【0044】実施形態例3

本例は、図11、図12に示すごとく、貴金属チップと中心電極との間に溶融固着層と未溶融部とを有する例である。即ち、まず図11は、上記実施形態例1のレーザ溶接の際に、貴金属チップ1と中心電極2との間を完全に溶融することなく、未溶融部116を残存させた例である。

【0045】かかる未溶融部116は、レーザ溶接時のレーザエネルギーを、貴金属チップ1と中心電極2との間が完全に溶融しないようにコントロールすることによって形成される。そして、このとき、上記溶融固着層11は、「該溶融固着層中に上記貴金属が1重量%以上含有されている貴金属含有層の厚みT」が0.2mm以上であることが好ましい。これにより、上記未溶融部116が残存していても、本発明の効果を確実に発揮すること

ができる。

【0046】上記厚みTは、同図に示すごとく、上記貴金属チップ1の半径Rの半分の位置Sにおける軸方向の厚みをいう。上記半分の位置Sとは、半径Rの貴金属チップにおいて、貴金属チップの中心線Pから、上記半径Rの半分(R/2)の位置、つまり半径Sの円の位置をいう。

【0047】また、図12は、実施形態例2のように、貴金属チップ10と中心電極2との間にRh板15を介在させて、これら三者の間に溶融固着層11を設ける場合、Rh板15の一部が未溶融部として残存している場合を示している。この場合とも、上記と同様に、貴金属チップ10の半径Rの半分の位置Sにおける軸方向の、上記貴金属含有量の厚みTは0.2mm以上であることが好ましい。その理由は、図11の場合と同様である。

【0048】なお、上記図11、図12においては、未溶融部を有している場合について述べたが、上記貴金属含有層の厚みTについては、未溶融部を有しない実施形態例1、実施形態例2の場合についても同じである。

【0049】実施形態例4

次に、本願発明の内燃機関用スパークプラグの製造方法について、図13~図16を用いて説明する。本例においては、中心電極2の先端部21の先端に形成した円筒部22上に貴金属チップ1を当接した後に、レーザ照射することを特徴とする。本例にて使用した貴金属チップ1は、実施形態例1に採用した貴金属チップ1と同様の貴金属チップであり、例えば、IrにRhが10重量%含有されたイリジウム合金を採用している。

【0050】また、図13に示すごとく、中心電極1の先端には、実施形態例1と同様、径小部である先端部21が形成されているが、さらに、この先端部21の先端に、略同一な径を有する円筒部22が形成されている。尚、この円筒部22の径は、貴金属チップ1の直径0.7mmよりも大なる径である1.1mm及び高さが0.3mmを有する。

【0051】そして、図13に示すごとく、中心電極2の円筒部22に貴金属チップ1を当接させ、抵抗溶接により、貴金属チップ1と円筒部22とを仮接着する。その後、貴金属チップ1と中心電極2の円筒部22との境界である当接境界領域Aに対して、レーザ光を照射し、図14に示すごとく、中心電極2と貴金属チップ1との間に溶融固着層11を形成した。

【0052】本例においては、中心電極2の先端部に、貴金属チップ1の径よりも大なる略同一の径を有する円筒部22を形成し、この円筒部22の端面と貴金属チップ1とを当接させた後にレーザ溶接している。このような製法を採用することにより、レーザが照射される領域が貴金属チップ1と中心電極2の円筒部22との境界面よりもずれたとしても、得られる溶融固着層11の組成が大きく変化することがないので、貴金属チップ1と中

心電極 2 との接合を確実に行うことができる。

【0053】ここで、図 13 に示すレーザ光を当接溶解領域 A 内に照射した場合の熔融固着層 11 の形状を図 14 に、レーザ光を当接溶解領域 A よりも中心電極軸方向の貴金属チップ 1 側に 0.35mm ずれた箇所に照射した場合の熔融固着層 11 の形状を図 15 に示した。更に、レーザ光を当接溶解領域 A よりも中心電極軸方向の中心、電極 2 側に 0.35mm ずれた箇所に照射した場合の熔融固着層 11 の形状を図 16 に示す。

【0054】図 15 及び図 16 においては、熔融固着層 11 が形成されているにもかかわらず、貴金属チップ 1 と中心電極 2 の先端面との当接境界面 211 が十分に熔融固着層 11 内に含まれていない。そのため、図 15 及び図 16 のような状態では、貴金属チップ 1 と中心電極 2 とは十分な接合力を得ることができないことは容易に考えられる。それに対して、図 14 のような熔融固着層 11 が形成された場合には、貴金属チップ 1 と中心電極 2 の先端面との当接境界面が熔融固着層 11 内に含まれており、貴金属チップ 1 と中心電極 2 とは十分な接合力を得ることができている。

【0055】比較例 1

本比較例においては、上記実施形態例 1 において、貴金属チップとして Ir-Rh 合金を用いたのに変えて、貴金属チップとして 100% Ir を用いた。そして、実施形態例 1 と同様にして、レーザエネルギー 5, 7.5, 10 J のレーザ溶接を行なった。

【0056】その結果、図 17 に示すごとく、耐久テストの前後の接合強度をみると、7.5, 10 J の場合は余り変化はないが、5 J の場合には、耐久テストによって接合強度が著しく低下していることが分かる。これは、熔融固着層中に Rh が含有されていないために、レーザ溶接時におけるレーザエネルギーの強度の差異が影響しているためである（図 4 と比較）。

【0057】また、図 4 と比較して分かるように、実施形態例 1 においては、熔融固着層中に Rh を含有しているため、耐久テスト前後とも 200 N 近い接合強度を有している。しかし、本比較例 1（図 17）においては、それよりも低い接合強度しか得られていない。

【0058】また、図 18～図 20 は、本比較例において、レーザエネルギーを 5, 7.5, 10 J 照射した場合の熔融固着層 81 の断面を示している。まず、図 18 はレーザエネルギー 5 J の場合を示し、これを実施形態例 1 の図 6 と比較すると分かるように、貴金属チップ 8 は熔融固着層 81 中に余り溶け込んでいない。

【0059】図 19 は、レーザエネルギー 7.5 J の場合を示し、これを図 7 と比較すると分かるように、やはり熔融固着層 81 の大きさが若干小さい。また、図 20 はレーザエネルギー 10 J の場合を示し、これを図 8 と比較すると分かるように、大きなエグレ 811 と共に熔融固着層の内部に巣 83 が発生していることが分かる。

【0060】比較例 2

本例は、熔融固着層中に貴金属以外の金属を添加することについて検討した。即ち、線膨張係数が Ni と Ir との中間にある、Fe, V, B 又は Ti を貴金属チップ中に 5 重量% 添加した貴金属チップを用い、実施形態例 1 と同様にスパークプラグを作製し、同様の耐久テストを行なった。

【0061】その結果、これらを添加した場合には、熔融固着層の接合強度は、上記 Rh を添加した場合に比較して、いずれも約 5～20% 低くかった。また、耐久テストにおいて、熔融固着層を切断面を見たところ、熔融固着層中に微細なクラックが発生していた。これは、上記 Fe, V, B 又は Ti は酸化し易く、耐久テスト中に、熔融固着層中において酸化物を生じること、これらは Ir と全率固溶せず、例えば「Ir₃Ti」といった線膨張係数が不連続な金属間化合物を生成し、熱応力緩和効果が発揮されないためと判断される。

【0062】上記実施形態例では、中心電極と貴金属チップの接合について述べたが、本発明では接地電極に対して本件構成の熔融固着層を適用しても同様の効果を得ることができる。

【0063】上記実施形態例においては、中心電極の先端面に対向する位置に接地電極を対向させる、1 極接地の場合の内燃機関用スパークプラグに関して述べたが、本発明においては、接地電極の先端面が中心電極の側面に対向する 2 極型の内燃機関用スパークプラグにも適用させることができる。即ち、本発明は、内燃機関用スパークプラグの電極にイリジウム材よりなる貴金属チップを強固に接合させるものであり、イリジウム材よりなる貴金属チップを採用する内燃機関用スパークプラグであれば、どのような内燃機関用スパークプラグにも採用することができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】実施形態例 1 における、貴金属チップと中心電極とのレーザ溶接の説明図。

【図 2】実施形態例 1 における、内燃機関用スパークプラグの一部断面図。

【図 3】実施形態例 1 における、内燃機関用スパークプラグの要部説明図。

【図 4】実施形態例 1 における、レーザエネルギーと接合強度との関係図。

【図 5】実施形態例 1 における、貴金属チップ中の Rh 量と接合強度との関係図。

【図 6】実施形態例 1 における、レーザエネルギー 5 J の場合の熔融固着層の断面説明図。

【図 7】実施形態例 1 における、レーザエネルギー 7.5 J の場合の熔融固着層の断面説明図。

【図 8】実施形態例 1 における、レーザエネルギー 10 J の場合の熔融固着層の断面説明図。

【図 9】実施形態例 2 における、レーザ溶接の説明図。

【図 10】実施形態例 2 における、溶融固着層中の R h 量と接合強度の関係図。

【図 11】実施形態例 3 における、未溶融部を有する場合の、貴金属含有層の厚み T の説明図。

【図 12】実施形態例 3 における、R h 板を残存させた場合の、貴金属含有層の厚み T の説明図。

【図 13】実施形態例 4 における、貴金属チップと中心電極とのレーザー溶接の説明図。

【図 14】実施形態例 4 における、溶融固着層の断面説明図。

【図 15】実施形態例 4 における、他の溶融固着層の断面説明図。

【図 16】実施形態例 4 における、更に他の溶融固着層の断面説明図。

【図 17】比較例 1 における、レーザーエネルギーと接合強*

度の関係図。

【図 18】比較例 1 における、レーザーエネルギー 5 J の場合の溶融固着層の断面説明図。

【図 19】比較例 1 における、レーザーエネルギー 7.5 J の場合の溶融固着層の断面説明図。

【図 20】比較例 1 における、レーザーエネルギー 10 J の場合の溶融固着層の断面説明図。

【符号の説明】

1... 貴金属チップ、

10 11, 150... 溶融固着層、

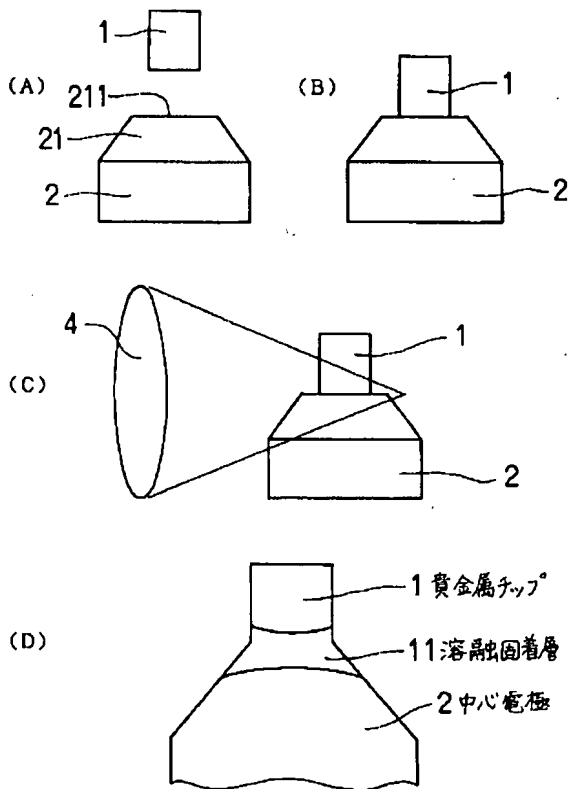
15... R h 片、

2... 中心電極、

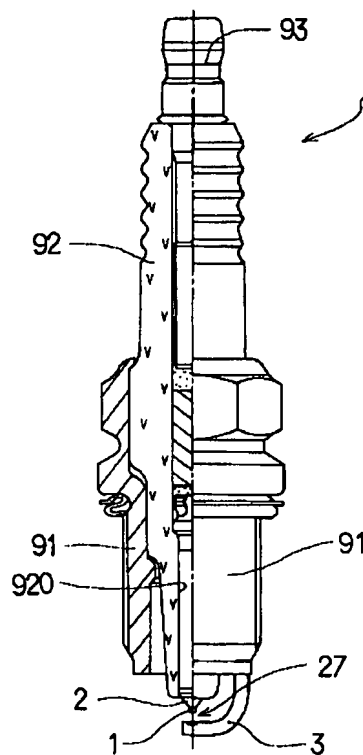
21... 先端部、

3... 接地電極、

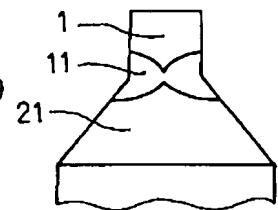
【図 1】



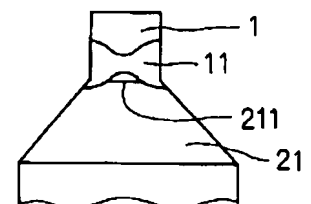
【図 2】



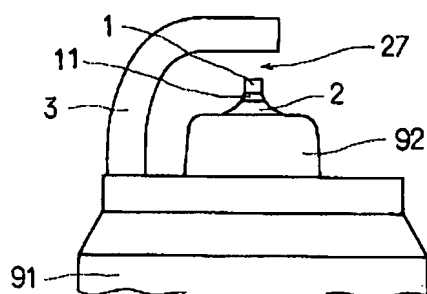
【図 4】



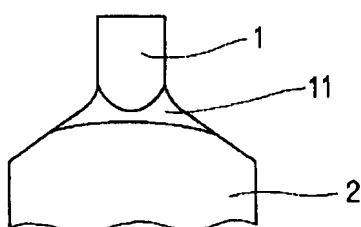
【図 15】



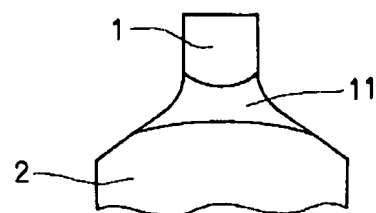
【図 3】



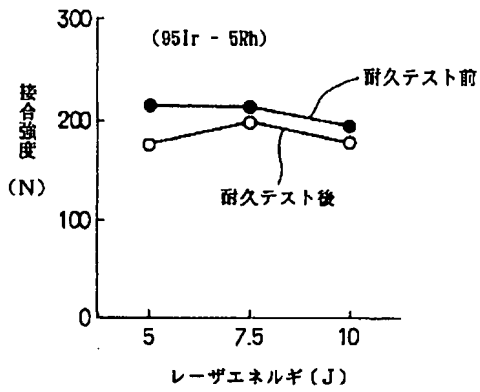
【図 6】



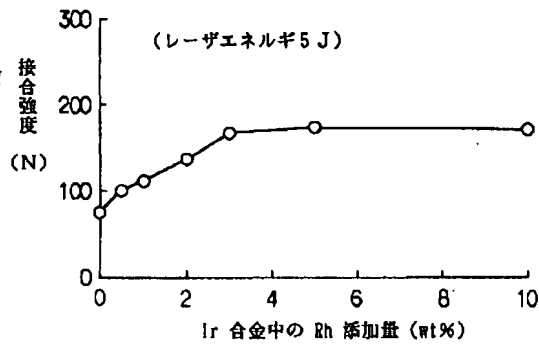
【図 7】



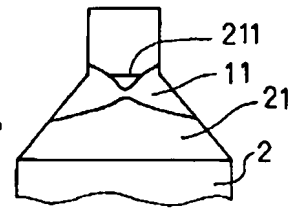
【図4】



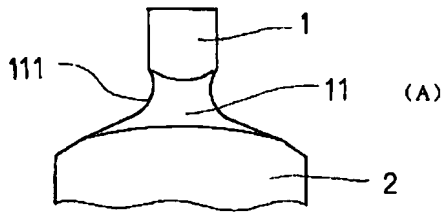
【図5】



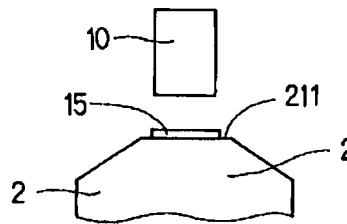
【図16】



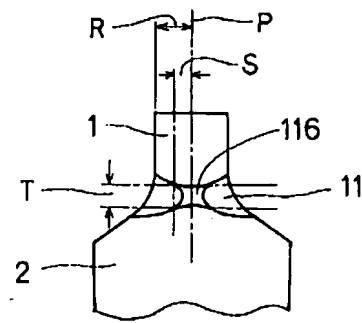
【図8】



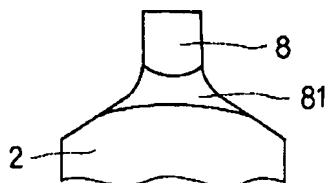
【図9】



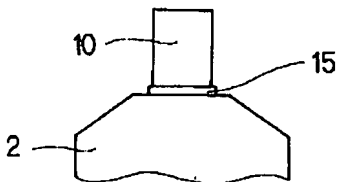
【図11】



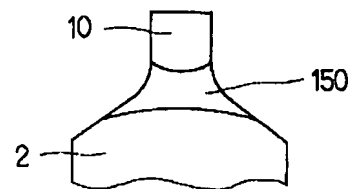
【図19】



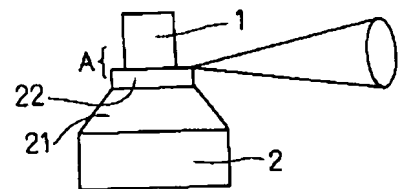
(B)



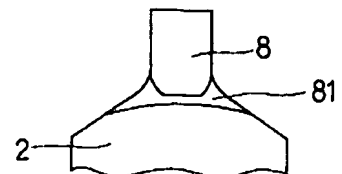
(C)



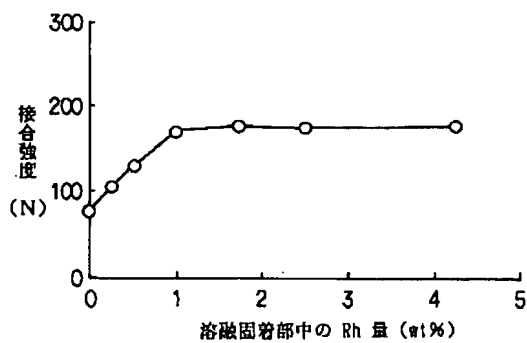
【図13】



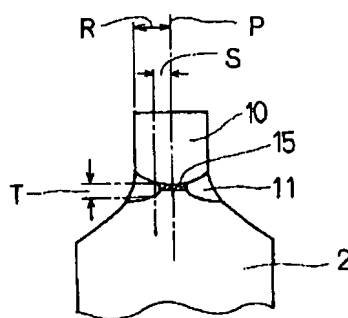
【図18】



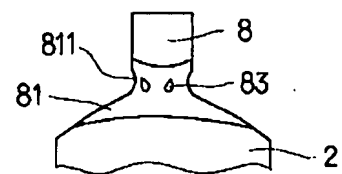
【図10】



【図12】



【図20】



【図 1 7】

